Enjeux associés au développement de l'électricité dans les usages

Un besoin d'éclairage sur les impacts environnementaux et économiques associés au développement de certains usages

- L'électrification de certaines consommations énergétiques aujourd'hui assurées par des énergies fossiles constitue un levier de réduction des émissions de CO_2. Ce levier constitue un des axes de la SNBC en vue de l'atteinte de la neutralité carbone.

- Les scénarios de long terme du Bilan prévisionnel 2017 intègrent des évolutions importantes et contrastées sur l'évolution de la place de l'électricité dans la consommation énergétique finale :
  - **Développement de la mobilité électrique :**
    Entre 3,5 et 15,6 millions de véhicules électriques à l'horizon 2035
  - **Électrification de certains usages thermiques dans le résidentiel :**
    De moins de 40% actuellement à env. 50% à l'horizon 2035

- Des questions récurrentes des parties prenantes sur les enjeux du développement de ces usages :
  - Sur le fonctionnement du système électrique (pointe de consommation, sécurité d'approvisionnement)
  - Sur les émissions globales de CO_2
  - Sur le coût pour la collectivité et les consommateurs

Une démarche d'analyse systématique appliquée à différents postes de consommations

3 volets

1. **La mobilité électrique**
2. **La production d'hydrogène par électrolyse**
3. **Les usages thermiques dans le bâtiment**

3 axes d'analyse systématiques

1. **Enjeux sur le fonctionnement physique du système**
   - Effet sur les bilans énergétiques, les imports - exports, la pointe et la sécurité d'approvisionnement
2. **Enjeux économiques**
   - Pour le système électrique, selon la mobilisation de la flexibilité de certains de ces usages (recharges VE, électrolyseurs)
   - Pour l'ensemble du système énergétique / la collectivité, en intégrant l'impact sur les autres vecteurs et les coûts non liés à l'énergie (bornes de recharge, véhicules, électrolyseurs, systèmes de chauffage, etc.)
   - Pour les utilisateurs/consommateurs
3. **Enjeux environnementaux**
   - Émissions de GES évitées sur l'ensemble du cycle de vie
   - Coût d'abattement par tonne de CO_2 évitée

Une question méthodologique : comment compter les coûts et les émissions de CO_2 associée à une consommation électrique ?

- La politique énergie-climat de la France engagée avec la PPE et la SNBC et prise dans son ensemble tend à réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- Cependant, l'évaluation des coûts économiques et des émissions de CO_2 associés à l'électrification d'un usage spécifique (VE, électrolyse, chauffage, etc.) nécessite une méthode d'affectation des coûts et émissions totales du parc de production. Il n'y a pas de méthode unique et plusieurs approches peuvent être considérées :

- Approche « attributionnelle »
  Repose sur la répartition des coûts et émissions à chaque instant sur les consommations à cet instant
  - ✚ *Affecte l'ensemble des coûts et des émissions aux différents postes de consommation (y.c. exports)*
  - ▬ *Ne mesure pas les conséquences d'un choix sur l'électrification*

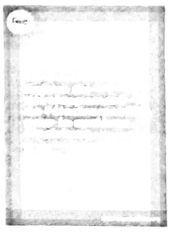
- Approche « incrémentale »
  Repose sur l'évaluation de l'effet d'un incrément de conso. sur les coûts et émissions du système électrique
  Nécessite une hypothèse sur l'effet du niveau de consommation sur le parc de production :
  - Approche « incrémentale à parc figé »
  - Approche « incrémentale à parc adapté »

  - ✚ ***Mesure les conséquences du choix d'électrification***
  - ▬ *Nécessite une hypothèse sur l'effet d'adaptation du parc*

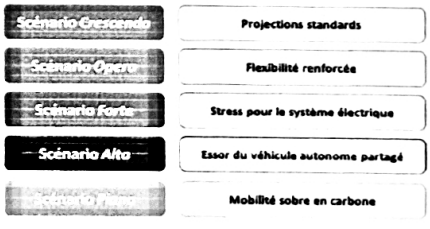
1 Mobilité électrique

Les enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique

- RTE a mené des études sur les enjeux du développement de la mobilité électrique, dans le cadre d'un groupe de travail co-piloté avec l'AVERE France, et en vue d'apporter des réponses à des demandes des parties prenantes (pics de déplacements, enjeux du pilotage de la recharge, impacts environnementaux…)
- **Publication d'un rapport de synthèse des principaux résultats le 15 mai 2019**
- Ce document sera complété par un rapport détaillé, qui sera publié dans les prochaines semaines. **Une présentation dédiée sera organisée en novembre.**



- Les analyses intègrent une modélisation détaillée des besoins de mobilité, et mettent en évidence les **synergies entre l'évolution du mix électrique et les besoins de mobilité.**
- Études menées sur 5 scénarios contrastés d'évolution de la mobilité et avec une analyse transverse des enjeux techniques, économiques (pour le système et pour le consommateur) et environnementaux.



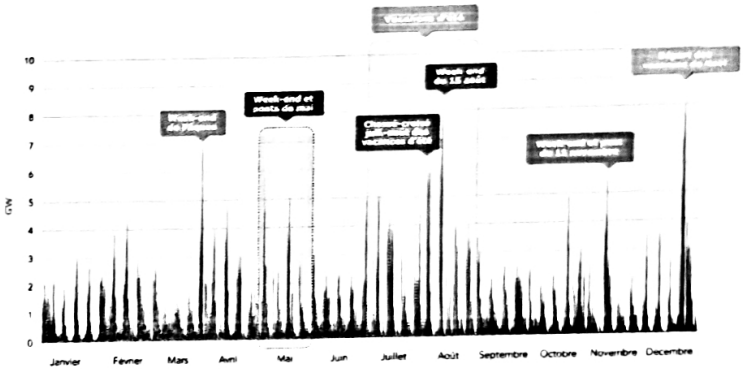
L'analyse n'engendre pas d'inquiétude pour la sécurité d'approvisionnement dans le scénario de la PPE

- Une représentation fine des besoins de mobilité, basée sur l'analyse de l'enquête nationale transports – déplacement qui permet de situer les enjeux pour la recharge
- Des déplacements longue distance qui n'engendrent pas d'inquiétudes : des appels de puissance de 8 GW au maximum, et concentrés sur des « périodes creuses » du système électrique

- L'enjeu principal est le pilotage des « recharges du quotidien » : même avec un développement limité du pilotage, la sécurité d'approvisionnement reste assurée

- Le développement du *vehicle-to-grid* peut même contribuer à augmenter les marges du système électrique

Puissance des recharges associées aux déplacements longue-distance



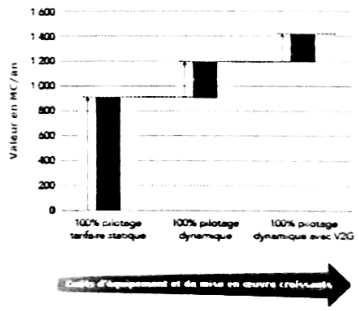
Des bénéfices importants pour la collectivité associée au pilotage de la recharge, même avec des dispositifs simples

- Le pilotage de la recharge permet d'optimiser l'utilisation des moyens de production à bas coût pour un bénéfice économique pour la collectivité de plus d'un milliard d'euros par an.

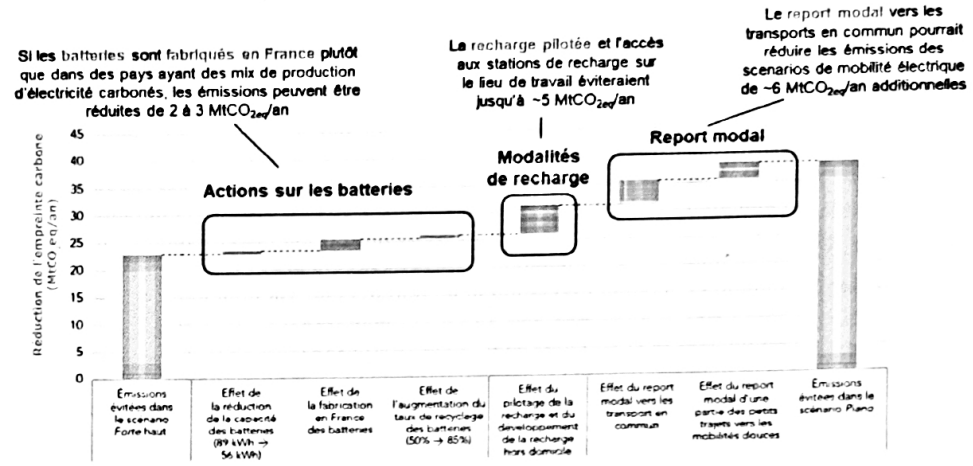
- L'essentiel de la valeur peut être apportée par des dispositifs de pilotage simples : asservissement à un signal tarifaire de type « HP/HC », branchement du véhicule le WE, …

- Les bénéfices supplémentaires apportés par le *vehicle-to-grid* peuvent être importants mais dépendent du niveau de développement du pilotage sur l'ensemble du parc de véhicules

Valeur pour la collectivité associée au pilotage dans le scénario Crescendo haut



Des leviers de réduction de l'empreinte carbone des transports mis en évidence par l'analyse complète



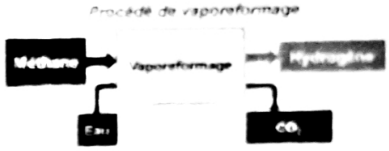
- Un coût de la décarbonation (en €/tCO_2 évitée) aujourd'hui élevé mais qui devrait fortement décroître avec le coût des véhicules électriques, et devenir nettement inférieur à la valeur tutélaire du carbone

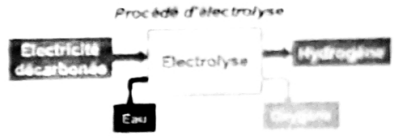
2

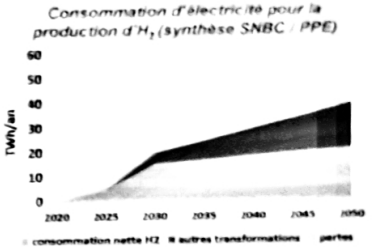
Hydrogène

L'hydrogène aujourd'hui en France : une consommation industrielle et une production à base d'hydrocarbures

- Une grande partie de l'hydrogène, essentiellement utilisé dans l'industrie, est aujourd'hui produite par vaporeformage de méthane, mode conventionnel de production d'hydrogène, en complément des productions fatales (gazéification du charbon, oxydation d'hydrocarbures)
- La production actuelle d'hydrogène en France représente des émissions totales d'environ 10 Mt CO_2 / an (~ 2 à 3 % des émissions nationales)
- Un développement de la production d'hydrogène décarboné par électrolyse qui permet de décarboner les usages existants et d'envisager la décarbonation d'autres usages (mobilité lourde ...)
- Des ambitions fortes pour le développement de l'hydrogène décarboné dans la politique énergie-climat de la France : objectif de taux d'hydrogène industriel décarboné compris entre 20% et 40% en 2030, et développement de la production par électrolyse pour ~30 TWh d'électricité d'ici 2035

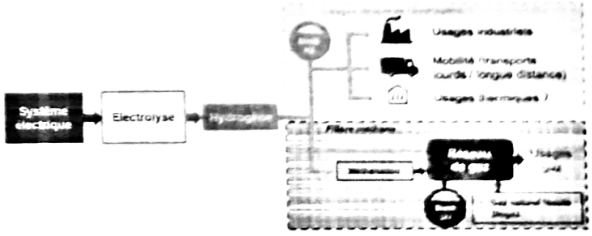




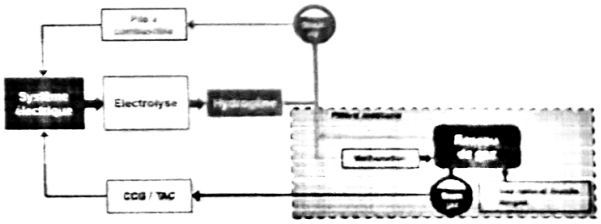


Deux enjeux distincts peuvent justifier l'essor de l'électrolyse et sont souvent confondues dans le débat

1. **Décarboner les vecteurs gaziers (hydrogène, méthane...)**
   - Pour répondre aux objectifs nationaux et internationaux de décarbonation
   - Vu du système électrique : crée une consommation potentiellement flexible



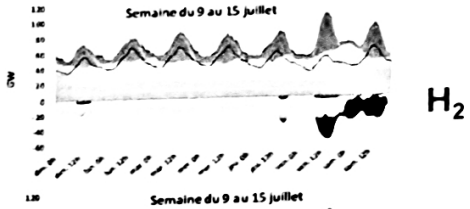
2. **Contribuer à l'équilibre du système électrique en apportant une solution de stockage / déstockage**
   - En utilisant l'hydrogène en entrée de PAC ou directement dans le réseau de gaz naturel
   - Ou avec une étape de méthanation afin d'utiliser le gaz comme stockage d'électricité

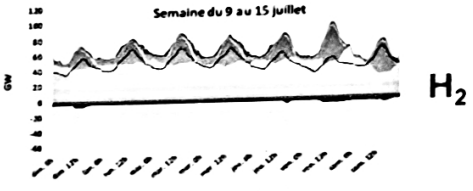


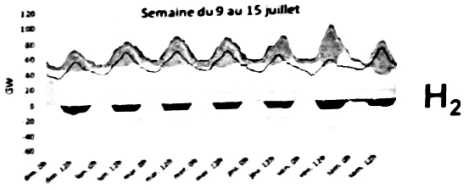
→ **Les enjeux diffèrent selon l'horizon et les scénarios**

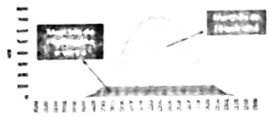
Plusieurs modèles revendiquent un approvisionnement en électricité décarbonée pour de l'hydrogène « vert » ...

- En période de marges **EnR ou EnR + nucléaire:** fonctionnement lors des périodes de prix faibles
  - ✚ *Electricité décarbonée par définition, peu chère sur les marchés ...*
  - ▬ *Fonctionnement réduit (<20% du temps)*
  - ▬ *CAPEX élevés (surdimensionnement des électrolyseurs)*
  - ▬ *Production très variable et aléatoire*
- En base (hors pointe) **accompagnées de garanties d'origine :** fonctionnement toute l'année sauf en cas de prix élevés
  - ✚ *Durée de fonctionnement longue (>90% du temps)*
  - ✚ *Amortissement des CAPEX*
  - ▬ *Approvisionnement décarboné discutable*
  - ▬ *Coût d'approvisionnement en électricité élevé*
- **En autoproduction (PV ou éolienne)** sur site de production
  - ✚ *Coût d'électricité contrôlé (CAPEX PV)*
  - ✚ *Durées de fonctionnement potentiellement significatives (>40%)*
  - ▬ *Bilan CO_2 dépend de l'effet de l'installation EnR sur la capacité totale EnR du pays*











... avec des effets contrastés sur le système électrique

- Des profils de consommation d'électricité et de production d'hydrogène très contrastés

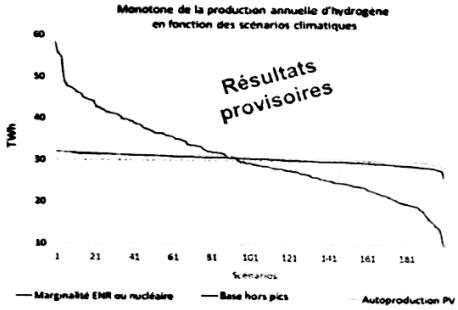


Sur marges EnR+Nucléaire *En base hors pointe* *En autoconso PV*

- ... qui peuvent nécessiter des capacités de stockage pour assurer une livraison régulière aux consommateurs d'hydrogène

  Pour certains modes de fonctionnement des électrolyseurs, une variabilité importante de la production d'H_2 selon les mois / années qui pourrait nécessiter des besoins de stockage importants (selon les usages envisagés)

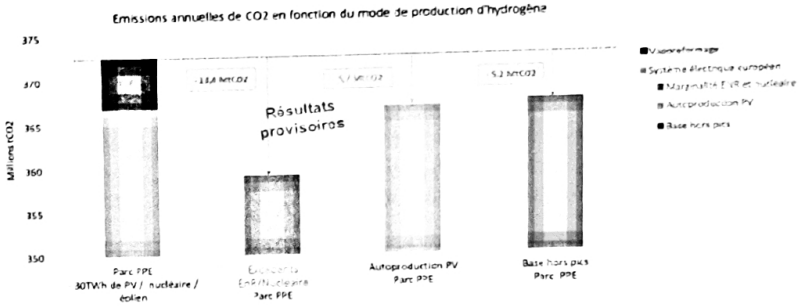
- ... et des intérêts économiques et environnementaux d'ampleurs différentes



L'analyse met en évidence une réduction des émissions de gaz à effet de serre dans quasiment toutes les configurations

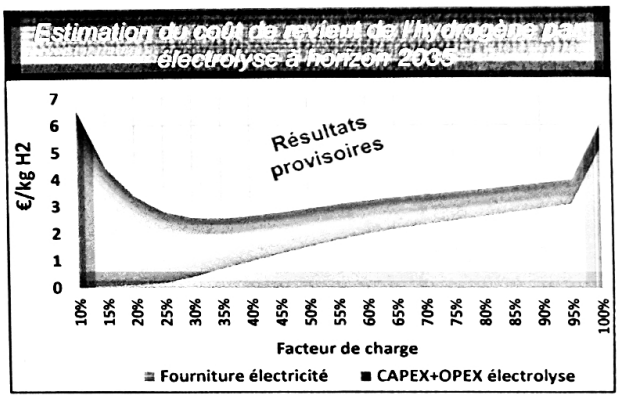
- Du point de vue des émissions de CO_2 nationales, l'électrification de la production d'hydrogène est dans tous les cas bénéfique comparé au vaporeformage (le mix électrique français étant presque totalement décarboné)
- Du point de vue européen, la consommation supplémentaire pour l'électrolyse en France peut, toutes choses étant égales par ailleurs, réduire les exports d'électricité vers les pays voisins
- La réduction des émissions européennes est donc maximisée avec (i) une adaptation du mix d'électricité décarboné en accompagnement du développement de l'électrolyse et (ii) un mode de fonctionnement centré sur les périodes de marges EnR ou nucléaire

- L'effet est positif en considérant que le parc est adapté à la consommation
- D'un mode opératoire à l'autre, et à production d'hydrogène identique, le bilan des émissions varie de plus de 8 $MtCO_2$/an.



Les études permettent de procéder à une analyse économique des coûts totaux associés au transfert vers l'électrolyse

- L'analyse est menée à l'échelle des coûts pour la collectivité, en tenant compte de l'ensemble des composants variant entre les scénarios avec et sans électrolyse.
- Les coûts totaux varient de manière significative selon les modes de fonctionnement
- L'intérêt pour la collectivité dépendra toutefois de la valorisation du CO_2
- À long terme (horizon 20230), dans un contexte de réduction du coût des électrolyseurs, le coût de décarbonation associé au développement de l'électrolyse (et du parc de production électrique associé) est systématiquement inférieur à la valeur tutélaire du carbone.

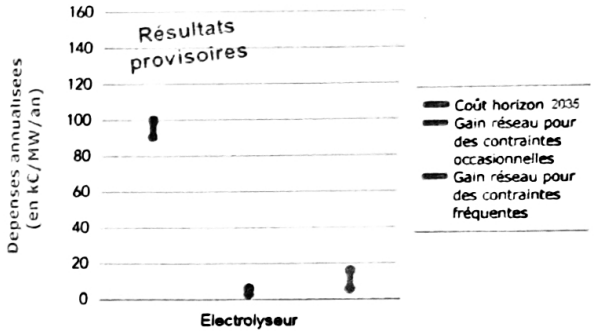


L'électrolyse peut apporter des services au système mais qui ne justifient pas à eux seuls le développement des électrolyseurs

Les électrolyseurs correspondent à des usages potentiellement flexibles pouvant apporter des services :

- Réserves (services-système fréquence et réserve rapide) : une capacité technique des électrolyseurs à participer et une rémunération aujourd'hui importante (70-160 k€/MW/an) pour les réserves primaires et secondaires mais des marchés limités en volume et très concurrentiels (une forte participation attendue des batteries et de l'effacement entraînera à terme une baisse de rémunération de ces services)
- Réseau (voir SDDR) : une valeur possible pour la résolution de congestions, mais associée à des localisations extrêmement précises (signalées par RTE) et qui ne couvrira qu'une faible par des coûts des électrolyseurs
- Stockage saisonnier : à l'horizon 2035, le développement de l'hydrogène pour le stockage d'électricité, ne présente pas d'intérêt économique (coût très élevé du MWh restitué). À plus long terme, l'espace économique peut exister en fonction du scénario (voir travaux sur 2050).

Coût et valeur économique pour la gestion des congestions sur le réseau apportée par les électrolyseurs avec les hypothèses de coûts 2035 – cas d'une contrainte en évacuation sur le réseau HTB1

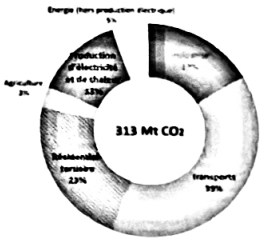


3 Chauffage et bâtiment

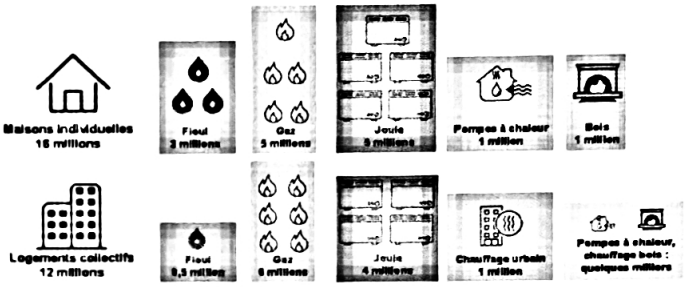
Un enjeu à réduire les émissions de CO2 associées aux usages thermiques dans le bâtiment

- En France, les émissions de CO_2 du bâtiment représentent près de 25% des émissions nationales et sont particulièrement liées au chauffage : il existe aujourd'hui plus de 3 millions de logements chauffés au fioul et 11 millions chauffés au gaz.
- Les ambitions publiques sur les usages thermiques dans le bâtiment sont importantes dans le projet de PPE/SNBC (~50% de logements chauffés à l'électricité à l'horizon 2035).

Emissions de CO2 en France en 2018



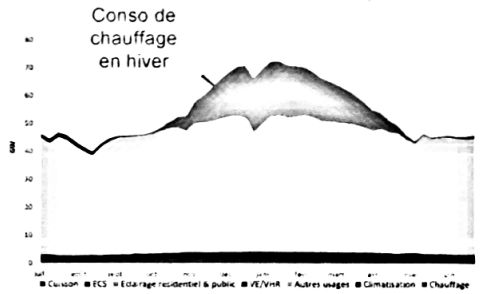
Parc des installations de chauffage en France – 2017 (source : CEREN)



→ Des analyses menées avec l'ADEME et qui seront présentées en réunion de concertation

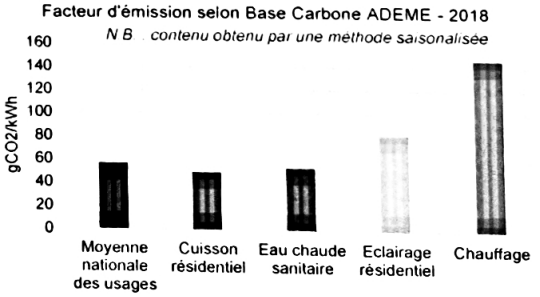
Des questions sur les impacts du développement du chauffage électrique, liées à son profil de consommation

Le chauffage électrique est fortement contributeur à la pointe électrique



- Quel effet sur la pointe associé aux trajectoires SNBC ?
- Quel niveau d'électrification du chauffage le système électrique peut-il accueillir en respectant la sécurité d'approvisionnement ?
- Quel effet associé à l'efficacité énergétique ?

Le chauffage électrique est susceptible de solliciter les moyens de production carbonés dans le mix



- Électrifier le chauffage permet-il réellement de diminuer les émissions de CO_2 ?
- A quel coût pour la collectivité / le consommateur ?

Ces analyses sont croisées avec celles sur l'efficacité énergétique des bâtiments et des systèmes de chauffage

- Différentes hypothèses (ampleur de la rénovation, convecteurs à effet Joule versus pompe à chaleur)
- Représentation schématique des différents paramètres :

